تأثير إضافة سماد البيوغاز مع الأسمدة المعدنية على امتصاص نباتات الذرة الصفراء (*Zea Mays* L.) لبعض العناصر الغذائية الكبرى

The effect of biogas and mineral fertilizers in uptake of some macronutrients by Maize plants *(Zea Mays* L.*)*

سقراط أحمد (1) **عيسى كبيبو (2)** **محمد منهل الزعبي (3)**

Sokrat Ahmad (1) **Issa Kbaybu (2)** **Mohamad Manhal Alzoabi (3)**

(1) طالب دكتوراه، مركز بحوث طرطوس، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، دمشق، سورية.

(1) Ph.D. student, Agricultural Scientific Research Center in Tartous, GCSAR, Damascus, Syria..

(2) قسم علوم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

(2) Soil and Water Science Department, Agriculture Faculty, Tishreen University, Lattakia, Syria.

(3) إدارة بحوث الموارد الطبيعية، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، دمشق، سورية.

(3) Natural Resources Administration, General Commission for Scientific Agricultural Research (GCSAR), Damascus, Syria.

الملخص

يؤدي الاستخدام المتكرر للأراضي الزراعية واتباع نظام الزراعة الكثيفة إلى انخفاض حاد في خصوبة التربة وتدهور قدرتها الإنتاجية. لقد زاد الاهتمام في السنوات الأخيرة بأسمدة البيوغاز الناتجة عن الهضم اللاهوائي للمخلفات الزراعية كأسمدة عضوية صديقة للبيئة. يعد سماد البيوغاز مصدراً جيداً لتغذية النباتات عن طريق زيادة نسب العناصر الغذائية المتاحة، فضلاً عن كونه من الوسائل الهامة في المحافظة على خصوبة التربة وتقليل كلفة الإنتاج في الزراعة المستدامة. أجريت تجربة زراعة حقلية لنبات الذرة الصفراء الهجين (غوطة 82) في مركز البحوث العلمية الزراعية بمحافظة طرطوس، بهدف دراسة التأثير الناتج عن إضافة مستويات مختلفة من سماد البيوغاز (الناتج عن الهضم المشترك لماء الجفت مع روث الابقار) والأسمدة المعدنية على نمو للمجموع الخضري ومحتواه من بعض العناصر الغذائية الكبرى (N – P – K) في مرحلة تكوين النورة الزهرية المذكرة (VT). نفذت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية باستخدام 11 معاملة وبواقع 3 مكررات، استخدم فيها ثلاث مستويات من سماد البيوغاز (10، 15 و 20 ليتر/ م^2) وثلاث مستويات من الأسمدة المعدنية بمعدل (25، 50 و 75%) من التوصية السمادية لنبات الذرة الصفراء. أظهرت النتائج تأثيراً ايجابياً لسماد البيوغاز المستخدم في تراكم المادة الجافة وكفاءة الاستفادة من الاسمدة المعدنية المضافة في تربة لومية. حيث أدت إضافة سماد البيوغاز بمعدل (20 ليتر/ م^2) مع المستوى الثالث من الأسمدة المعدنية (المعاملة: 20 ل / م^2 سماد بيوغاز + 75% توصية سمادية) إلى زيادة معنوية في الوزن الجاف للمجموع الخضري مقارنة بباقي المعاملات، بينما لوحظ أن المحتوى الأكبر من العناصر الغذائية الكبرى (N – P – K) قد وجد في المعاملة (20 ل/ م^2 سماد بيوغاز + 50% توصية سمادية). بينت الدراسة إمكانية استخدام سماد البيوغاز كسماد مكمل إذ يمكن الاستغناء عن 50% من الجرعة السمادية المنصوح بها لنبات الذرة الصفراء.

كلمات مفتاحية: سماد بيوغاز، ماء الجفت، ذرة صفراء، عناصر غذائية كبرى

©2023 The Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands, All rights reserved. **ISSN: 2305-5243; AIF-023 (p: 210 - 221)**

Abstract

The repeated use of agricultural lands and adoption of intensive cultivation system led to severe reduction of the soil fertility and productive capacity. The biogas slurry which resulting from anaerobic digestion of agricultural wastes have been renowned as an ecofriendly organic fertilizers. The digestate can be a useful source of plant nutrients in addition to being an important means for preserving soil fertility in a sustainable agriculture system. A field experiment by cultivating hybrid yellow maize (Ghouta82) was conducted in the Agricultural Scientific Research Center in Tartous Governorate, aiming to study the effect of different levels application of biogas digestate (Resulting from the joint digestion of Olive Mill Wastewater with cow manure) combined with mineral fertilizers on dry weight of plant shoot and content of (N-P-K) nutrients at tasseling stage (VT). The experiment was carried out according to the random block design which constitutes of 11 treatments and 3 replications. The treatments were three levels of biogas digestate (10, 15 and 20 litter / m^2) and three levels of mineral fertilizers (25, 50 and 75%) of the fertilizer recommendation for the maize. The results showed a positive effect for the used digestate on dry matter accumulation and efficiency of the mineral fertilizers added to a loamy soil. A significant increase in dry weight of plant shoot was found when applying biogas digestate at rate of (20 litter / m^2) with the third level of mineral fertilizers (treatment: 20 litter / m^2 + 75% fertilizer recommendation). The highest shoot content of (N-P-K) nutrients was observed in treatment (20 litter / m^2 + 50% fertilizer recommendation). The study demonstrated the possibility of using biogas digestate as a supplementary fertilizer and 50% of recommended fertilizers dose for maize can be replaced with biogas digestate.

Key wards: Biogas Fertilizer, Olive Mill Wastewater, Maize, Macronutrients.

المقدمة

تؤثر تغيرات المناخ وعدم انتظام الحالة الجوية بشكل كبير على نمو وانتاج المحاصيل الزراعية، على سبيل المثال فترات الجفاف الطويلة المتبوعة بهطول مطري غزير وسريع يؤدي لتعرية التربة وانخفاض غلة النباتات المزروعة لأغراض الاستهلاك البشري والعلفي (Glowacka et al., 2020). كما أن اتباع نظام الزراعة الكثيفة وإدخال الأصناف عالية الإنتاجية أدى إلى استنزاف خصوبة التربة بسبب اتساع الفجوة بين معدل الإزالة والإمداد بالعناصر الغذائية في التربة (Remesh, 2008). من جهة أخرى يؤدي الاستخدام المكثف وغير المتوازن للأسمدة المعدنية إلى تملح التربة وتدهور قدرتها الإنتاجية وانخفاض نسبة الكربون العضوي C_{org} في التربة وتسبب تلوث المياه الجوفية (Rahman et al., 2008) فضلاً عن أنها مكلفة نتيجة لتزايد أسعارها بشكل مستمر لدرجة أن المزارعين الصغار غير قادرين على تحمل نفقاتها (Khan et al., 2015). ومع تزايد المخاوف البيئية اتجهت الأبحاث الحديثة إلى استعمال وسائل تؤدي لزيادة تيسر العناصر الغذائية للنبات وتحسن من خواص التربة وتقلل من الاعتماد على الأسمدة المعدنية ومنها أسمدة البيوغاز (Makadi et al., 2012). كما أن استخدام سماد البيوغاز يؤدي لتقليل حاجة المزارع لمستلزمات وقاية النبات حيث تؤدي عملية تخمير المخلفات العضوية لاهوائياً إلى القضاء على مسببات الأمراض والطفيليات والقواقع وبذور الأعشاب الضارة التي قد تنتقل مع الروث البقري الى التربة الزراعية، كما أنه يكون عديم الرائحة مما يقلل من جذب الحشرات التي تمثل عاملاً هاماً في انتقال الأمراض بين سكان القرى (Kozel and Lorencowicz, 2015).

تتكون نواتج الهضم (أسمدة البيوغاز) بشكل أساسي من ماء و $N\text{-}NH_4^+$ ، P ، K ، Mg ، Ca ومواد عضوية أخرى غير متحللة (ليجنين وسيليلوز) وبعض المواد النشطة بيولوجياً (منشطات نمو كالجيبرلينات، أحماض آمينية، انزيمات وفيتامينات) ويعد هذا الخليط غير المتجانس مصدراً سهلاً وسريعاً لأمداد النبات بالعناصر الغذائية وخاصة النيتروجين (Kourimska et al., 2012; Tambone et al., 2009) كما أن إضافته الى التربة كسماد عضوي مع أو بدون إضافة سماد معدنية يحسن من خصوبة التربة ونمو النبات ويعزز مناعته ومقاومته للإجهادات الحيوية واللاحيوية ويسهم في دعم المادة العضوية وبالتالي تحسين الخواص الفيزيائية والكيميائية وزيادة النشاط الميكروبي في التربة (Makadi et al., 2012; Liu et al., 2009). ينعكس هذا الأمر ايجابياً

على كفاءة الأسمدة المعدنية المضافة وخاصة في الأراضي التي تعاني من مشاكل خصوبية كارتفاع الـ pH وانخفاض نسبة الـ OM. وفي هذا السياق بيّن Kourimska وآخرون (2012) أن أسمدة البيوغاز هي مخصبات مكملة للتسميد المعدني تسهم في زيادة كفاءة الأسمدة الكيميائية في الأراضي القليلة الخصوبة، فضلاً عن كونها من الوسائل المهمة في المحافظة على البيئة وفي تحسين نوعية المحصول وتقليل كلفة الإنتاج. وجد الباحثان Kozel و Lorencowicz (2015) أن إضافة سماد البيوغاز للتربة بمعدل (18 ليتر/م^2) قد أدى لزيادة محتوى أوراق البرسيم *Alfalfa* من العناصر الكبرى حيث زاد تركيز N ، P و K بمعدل 17.68%، 7.14% و 17.3% على التوالي مقارنة بمعاملة التسميد المعدني وفسرا ذلك بالدور الهام لسماد البيوغاز في تحسين خواص التربة وزيادة النشاط الميكروبي فضلاً عن محتواه الهام من العناصر الغذائية المتاحة للاستخدام من قبل النبات. و أجرى Barbosa و أخرون (2014) تجربة أصص في ظروف البيت الزجاجي بهدف تقييم سماد البيوغاز كمصدر غذائي لنبات الذرة الصفراء، ووجد أن سماد البيوغاز المضاف للتربة بمعدل (40 طن/هـ) قد أظهر كفاءة عالية في زيادة الكتلة الحيوية للنبات ومحتوى المجموع الخضري من عناصر (N - P - K) وفسر ذلك بالإمداد الجيد بالماء والعناصر الغذائية طوال فترة نمو النبات.

أجرى Glowacka وأخرون (2020) دراسة بهدف تقييم التأثير الناتج عن التطبيق المشترك لسماد البيوغاز بمعدل (30 و 60 م^3/هـ) مع الأسمدة المعدنية باستخدام تربة لومية منخفضة الخصوبة على الانتاجية والقيمة الغذائية لمحصول الثمام العلفي *Switchgrass* وأظهرت النتائج أن إضافة سماد البيوغاز نتج عنها تحسين خواص التربة وزيادة قدرتها على مسك العناصر الغذائية بصورة متبادلة وزادت من انتاجية المحصول والعائد العلفي له دون التقليل من قيمته الغذائية. أجرى الباحث Khan وأخرون (2015) تجربة حقلية لعاميين متتالين في الهند حول امكانية استخدام نواتج هضم مخلفات زراعية كسماد مكمل للأسمدة الكيميائية لإنتاج الذرة الصفراء في تربة قاعدية، وجد أن استخدام سماد البيوغاز قد أظهر تأثيرات ايجابية على الوزن الجاف للمجموع الخضري والقيمة الغذائية للمحصول واقترح التطبيق المشترك لسماد البيوغاز مع السماد المعدني الأزوتي بنسبة (1:1) تبعاً لمحتواه من عنصر N ووفقا للتوصية السمادية للمحصول.

أهمية وأهداف البحث:

يعد محصول الذرة الصفراء (*Zea Mays L.*) من أهم محاصيل الحبوب الغذائية والصناعية ويحتل في سورية المرتبة الثالثة بعد القمح والشعير، حيث تستعمل نباتاته علفاً أخضر وتدخل حبوبه في عليقة الدواجن والأبقار (دليل زراعة محصول الذرة الصفراء، 2008). جرى في الدراسة الحالية تقييم سماد البيوغاز الناتج عن الهضم المشترك لماء الجفت مع الروث البقري وإمكانية استخدامه كسماد عضوي مكمّل للأسمدة المعدنية وتأثير تطبيقه بمعدلات مختلفة على محتوى المجموع الخضري لنبات الذرة الصفراء من بعض العناصر الغذائية الكبرى كنسبة مئوية من الوزن الجاف عند مرحلة تكوين النورة الزهرية المذكرة (VT stage).

وتتلخص أهداف هذه الدراسة بالتالي:

- تقييم سماد البيوغاز عن طريق دراسة التأثير الناتج عن إضافته في رفع خصوبة التربة وأثر ذلك على امتصاص نبات الذرة الصفراء لبعض العناصر الغذائية الكبرى.
- تقدير كمية السماد العضوي المتخمر (سماد البيوغاز) الواجب إضافته إلى التربة الزراعية للحد من استخدام الأسمدة الكيميائية.
- المساهمة بحل مشكلة بيئية ضاغطة تكمن في التخلص من ماء الجفت بطريقة صديقة للبيئة.

مواد البحث وطرائقه

- **موقع التجربة**

نفذت تجربة الزراعة في مركز البحوث العلمية الزراعية الواقع في منطقة عمريت جنوب مدينة طرطوس بـ 7 كم، احداثياتها الجغرافية (34°50'17"N, 35°54'27"E) وترتفع 8 م عن مستوى سطح البحر، معدل الهطول المطري (850 – 1000) مم سنوياً.

- **المادة النباتية**

استخدم في التجربة بذور محصول الذرة الصفراء (Zea Mays L.) هجين /غوطة 82/ وهو من الأصناف المحلية المستنبطة والملائمة للزراعة في بيئة الجمهورية العربية السورية. يتراوح عمر النبات بين (100– 105 يوم) والتوصية

السمادية لهذا الصنف حسب (دليل زراعة محصول الذرة الصفراء، 2008) هي: (120 كغ N ، 80 كغ P2O5، 40 كغ K2O) /هكتار.

- **توصيف التربة**

أخذت عينة من تربة الحقل قبل الزراعة على عمق (0-30 سم) جففت هوائياً ثم نخلت على منخل قطر فتحاته (2 مم) بهدف تقدير بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة وفق الطرائق المعتمدة من الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية (الزعبي وآخرون، 2013). حيث تم تقدير درجة الحموضة باستخدام جهاز الـ pH meter والناقلية الكهربائية باستخدام جهاز الـ EC وتم تحديد التوزع الحجمي للحبيبات بطريقة الهيدروميتر وقوام التربة اعتماداً على مثلث القوام الأميركي USDA، قدرت الكربونات الكلية بطريقة الكالسيميتر والنشطة باستخدام أكزالات الأمونيوم (طريقة دورينو). كما قدرت الـ CEC بطريقة خلات الأمونيوم والمادة العضوية بطريقة الأكسدة الرطبة Walkley and Black. هضمت عينة التربة بالطريقة الرطبة (H2SO4.Se) وتم تقدير النيتروجين الكلي باستخدام جهاز التحليل الآلي SKALAR. تم استخلاص الفوسفور المتاح بمحلول بيكربونات الصوديوم 0.5 N عند 8.5 pH (طريقة أولسن) وتم قياسه باستخدام جهاز التحليل الآلي، كما تم استخلاص البوتاسيوم المتاح (الذائب والمتبادل) باستخدام طريقة خلات الأمونيوم وقياسه باستخدام جهاز التحليل الطيفي باللهب Flame Photometer أما العناصر الصغرى (Fe, Mn, Zn and Cu) تم استخلاصها باستخدام الـ DTPA وقياسها بجهاز الإمتصاص الذري.

الجدول 1. يوضح بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة المستخدمة

Macronutrients Conc.			**OM,%**	**$CaCO_3$, %**		**EC (1:5) (dS/m)**	**pH (1:5)**
Available K (µg/g)	**Available P (µg/g)**	**Total N (%)**		**Active**	**Total**		
298	11.35	0.13	1.15	3.66	15.4	0.97	7.68
Available Micronutrients (µg/g)				**Particle size distribution, %**			**CEC, (meq/100g soil)**
Fe	Mn	Zn	Cu	Sand	Clay	Silt	
5.62	7.33	1.26	1.11	48	18	34	28.5

يتضح من النتائج التي تم الحصول عليها والمدرجة ضمن الجدول (1) أن التربة لومية قاعدية خفيفة غير مالحة، متوسطة المحتوى من المادة العضوية وجيدة المحتوى من الأزوت والفوسفور وغنية بالبوتاسيوم تبعا لتصنيفات الـ FAO (2007). وذات محتوى منخفض من الحديد والمنغنيز ومتوسطة المحتوى من الزنك والنحاس طبقاً لـ (Jones, 2001).

- **سماد البيوغاز**

تم تحليل عينة من سماد البيوغاز مخبرياً لتحديد صفاتها وتقدير محتواها من المادة العضوية والعناصر الغذائية الكبرى والصغرى (جدول 2). حيث تم قياس درجة الـ pH والناقلية الكهربائية في العينة مباشرة. قدرت نسبة المادة العضوية كنسبة مئوية من الوزن الجاف تماماً باستخدام طريقة الفقد بالترميد. هضمت العينة بطريقتين: باستخدام حمض الكبريت المركز على حرارة 150 مº لتقدير محتواها الكلي من N ، وباستخدام حمض الأزوت وحمض البيركلوريك على حرارة 200 مº لتقدير محتواها الكلي من عناصر P و K و بعض العناصر الصغرى (Fe, Mn, Zn and Cu). أجريت جميع هذه التحاليل وفق الطرائق المعتمدة طبقاً لـ (الزعبي وآخرون، 2013).

الجدول 2. يوضح مواصفات وخصائص سماد البيوغاز المستخدم

Total Macronutrients Conc., %			OM (%), DM	EC (dS/m)	pH
N	P	K			
1.17	0.46	1.09	33.5	1.53	7.74
Total Micronutrients Conc., ppm				نسبة الرطوبة (%)	
Fe	Mn	Zn	Cu		
1085	560	113	27	90.8	

- **تصميم التجربة**

تمت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية بواقع ثلاث مكررات استخدم فيها ثلاث مستويات من سماد البيوغاز (10 – 15 – 20 ليتر/ م2) ، وثلاث معدلات من الأسمدة المعدنية بواقع (25 – 50 – 75 %) من التوصية السمادية الموضوعة لمحصول الذرة الصفراء صنف /غوطة 82/ وبذلك تكون معاملات التجربة كالتالي :

- C : شاهد دون أي إضافة
- L_1F_1 : 10 ل / م^2 سماد بيوغاز + 25% توصية سمادية
- L_2F_1 : 15 ل / م^2 سماد بيوغاز + 25% توصية سمادية
- L_3F_1 : 20 ل / م^2 سماد بيوغاز + 25% توصية سمادية
- L_1F_2 : 10 ل / م^2 سماد بيوغاز + 50% توصية سمادية
- L_2F_2 : 15 ل / م^2 سماد بيوغاز + 50% توصية سمادية
- L_3F_2 : 20 ل / م^2 سماد بيوغاز + 50% توصية سمادية
- L_1F_3 : 10 ل / م^2 سماد بيوغاز + 75% توصية سمادية
- L_2F_3 : 15 ل / م^2 سماد بيوغاز + 75% توصية سمادية
- L_3F_3 : 20 ل / م^2 سماد بيوغاز + 75% توصية سمادية
- F : معاملة المزارع تم تطبيق التوصية السمادية (120 كغ N ، 80 كغ P_2O_5، 40 كغ K_2O) /هكتار

- **تحضير التجربة والعمليات الزراعية**

أجريت عمليات الفلاحة وتنعيم التربة قبل اسبوع من الزراعة كما أجري تخطيط للتربة بمسافة 70 سم بين الخطوط. وقسمت منطقة التجربة في الحقل إلى 33 قطعة تجريبية مساحة كل منها 6 م2 وتركت مسافات للخدمة بمقدار 1 م بين القطع التجريبية. أضيف سماد البيوغاز إلى القطع التجريبية تبعا للمعاملات المستخدمة حيث تم استجرار الكمية المطلوبة من سماد البيوغاز الناتج عن الهضم المشترك لماء الجفت مع الروث البقري بنسبة (60% ماء جفت و 40% روث بقري) من وحدة الهضم الموجودة في موقع زاهد للزراعة العضوية التابع لمركز البحوث العلمية الزراعية بطرطوس. تمت الزراعة بوضع بذرتان لكل جورة بعمق 5 سم وبمسافة 30 سم بين النباتات وكان لدينا 20 نبات في كل قطعة تجريبية.

أضيفت الكميات المطلوبة من السماد الفوسفاتي بصورة سوبر فوسفات ثلاثي (P2O5 46%) وسماد البوتاسيوم بصورة سلفات بوتاسيوم (K2O 50%) عند الزراعة. أما الكمية المطلوبة من السماد الأزوتي (Urea 46%) فقد أضيفت على دفعتين، الدفعة الأولى عند الزراعة والدفعة الثانية في مرحلة النمو الخضري بعد شهر من الزراعة. تم حساب الكميات المطلوبة من الأسمدة المعدنية تبعا للمعاملات المستخدمة في التجربة وبحسب تقييم التربة قبل الزراعة. تم الري مباشرة بعد الزراعة ثم توالت عمليات الري كل 8 - 10 أيام، كما أجريت عمليات الترقيع بعد اسبوع من الانبات والتفريد عند ظهور الورقة الرابعة على النبات. وأجريت عمليات الخدمة من حفر وتحضين للنباتات وإزالة الأعشاب الضارة والمكافحة الوقائية بالمبيدات الحشرية والفطرية.

- **جمع البيانات**

سحب نباتين بشكل عشوائي من كل قطعة تجريبية بعد 58 يوم من الزراعة لتكون متوافقة مع مرحلة تكوين النورة الزهرية المذكرة (VT) قطّعت النباتات عند مستوى سطح التربة ونقلت المجاميع الخضرية إلى المخبر حيث تم تقطيعها ووزنها ثم جففت في الفرن على حرارة 70°م لمدة 24 ساعة وسجلت الأوزان الجافة. بعد التجفيف طحنت العينات النباتية وهضمت بالطريقة الرطبة (H2SO4.Se) على حرارة 150 °م من أجل تقدير محتواها الكلي من العناصر الغذائية الكبرى (N – P - K).

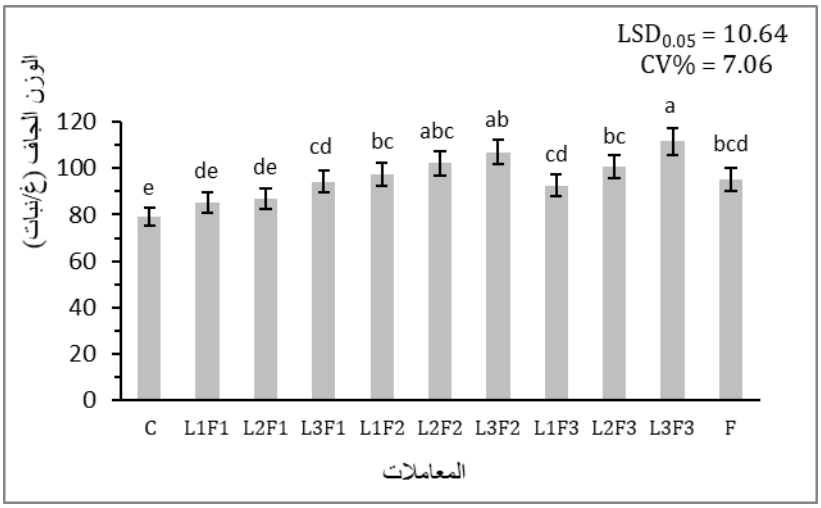
التحليل الإحصائي

خضعت النتائج لتحليل التباين العام (ANOVA) على أساس أن مصدر التباين هو مستويات مختلفة من التسميد المشترك لسماد البيوغاز (L) مع السماد المعدني (F). كما تم فصل المتوسطات وتحديد قيمة أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى معنوية 0.05 وذلك باستخدام البرنامج الاحصائي (COSTAT 6.4).

النتائج والمناقشة

1- تأثير المعاملات المدروسة على الوزن الجاف للمجموع الخضري

تعد الذرة الصفراء من المحاصيل السريعة النمو والغزيرة الإنتاج فهي خلال مدة زمنية قد لا تتجاوز 3 أشهر من النمو ممكن أن تعطي حاصل علف أخضر قد يتعدى (70 طن/هـ)، لذا فإن إضافة العناصر الغذائية عن طريق التسميد المعدني أو العضوي يعتبر عاملاً هاماً ومحدداً لمستوى إنتاجية وحدة المساحة وخاصة في الأراضي الفقيرة بالمادة العضوية (Kole, 2010; Elsahookie, 1990).



الشكل 1. تأثير المعاملات المدروسة على الوزن الجاف للمجموع الخضري

وبالفعل كان نمو الذرة الصفراء في معاملة الشاهد C محدوداً حيث كان الوزن الجاف للمجموع الخضري منخفضاً بشكل معنوي مقارنة بباقي المعاملات (79 غ/نبات) وتحسن النمو تدريجياً بزيادة معدلات التسميد (الشكل 1). حيث بلغت قيمة الوزن الجاف في المعاملة L3F3 (111.5 غ/نبات) يليها المعاملة L3F2 (106.9 غ/نبات) مع عدم وجود فروق معنوية بين هاتين المعاملتين، بينما كانت قيمة الوزن الجاف في معاملة المزارع F (95.2 غ/نبات).

تتعلق الزيادة في إنتاج المادة الخضراء الجافة بشكل أساسي بالوزن الجاف للمجاميع الخضرية وبمعدلات التسميد (سماد بيوغاز + سماد معدني) وتراكم الكربوهيدرات في النبات والتي ستؤدي حكما لزيادة الكتلة الحيوية للنبات (Seleiman et al., 2017). ويعزى هذا التحسن الملحوظ في نمو المجموع الخضري لنبات الذرة الصفراء في تربة لومية منخفضة الخصوبة عند تطبيق سماد البيوغاز مع السماد المعدني إلى الدور الذي يلعبه سماد البيوغاز في تحسين الخواص الخصوبية للتربة كدرجة الـ pH و محتوى الـ Corg وزيادة كفاءة امتصاص العناصر الغذائية وخاصة النيتروجين (+N-NH4) الذي يعد عنصر اساسي في تركيب الكلوروفيل مما يؤدي

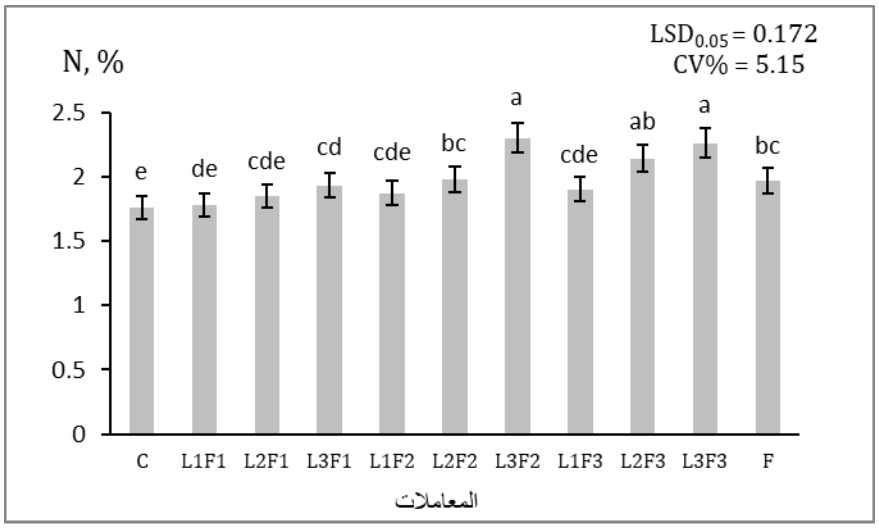
إلى زيادة كفاءة التمثيل الضوئي وتصنيع الكربوهيدرات وتراكمها وبالتالي زيادة الوزن الجاف للمجموع الخضري (Makadi et al., 2012; Khan et al., 2015; Glowacka et al., 2020)

2- تأثير المعاملات المدروسة على محتوى المجموع الخضري من العناصر الكبرى (N – P – K)

إن امتصاص النبات للعناصر الغذائية من محلول التربة هو نتيجة العلاقة التابعية للتأثير المتبادل بين ديناميكية الامتصاص والنمو. وترتبط عملية الامتصاص ارتباطاً وثيقاً بالنمو حيث تترافق زيادة النمو الخضري مع زيادة امتصاص النباتات للعناصر الغذائية وزيادة تركيزها في أنسجة النبات (بوعيسى وعلوش، 2005). وبشكل عام تقل كفاءة الاستفادة من الاسمدة المعدنية المضافة في الأراضي التي تعاني من مشاكل خصوبية كارتفاع الـ pH وانخفاض نسبة الـ OM مما يستدعي بالضرورة إضافة جرعات كبيرة من الأسمدة المعدنية مما يترتب عليه تكاليف إضافية على المزارع وأثار سلبية على البيئة. على الرغم من ذلك فقد أظهرت النتائج المتحصل عليها لتركيز العناصر الغذائية الكبرى في المجموع الخضري للنبات عند مرحلة تكوين النورة الزهرية المذكرة (VT) أن معاملات التسميد المشترك لسماد البيوغاز بمعدل (20 ل/ م2) مع المستوى الثاني والثالث من الأسمدة المعدنية قد أدت إلى امتصاص أفضل للعناصر الكبرى وخاصة عنصري النيتروجين والفوسفور مقارنة بمعاملة التسميد المعدني (معاملة F).

2- 1- النيتروجين N

النيتروجين N هو عنصر غذائي أساسي متحرك في النبات وغالباًما يكون هو العامل المحدد لنمو وانتاج المحاصيل الزراعية، والسبب الذي يجعله أكثر استهلاكاً من العناصر الأخرى من قبل النبات هو استمرارية امتصاصه طيلة مراحل نمو النبات (Elsahookie, 1990). وقد أظهرت نتائج العديد من الدراسات بأن كفاءة الأسمدة النيتروجينية تتراوح بين (% 60 – 50) بسبب تعرضها للعديد من التفاعلات في التربة (تطاير، تثبيت وانغسال) إضافة إلى التزامن غير المناسب بين حاجة المحصول من النيتروجين وإمداد التربة بهذا العنصر (Moller and Stinner, 2009). وعلى الرغم من ذلك، أبدت النباتات استجابة لزيادة معدلات التسميد وزادت كفاءة امتصاص العنصر N من التربة بزيادة مستوى سماد البيوغاز المضاف، فكانت أقل قيمة لتركيز N في نباتات الشاهد 1.76% وزادت تدريجيا في باقي المعاملات (شكل 2). وأظهر تحليل التباين تفوق معنوي واضح للمعاملات L3F3 ، L3F2 على باقي المعاملات وأدت لزيادة تركيز N بنسبة 28.5% و 30% مقارنة بمعاملة الشاهد C، على التوالي. يفسر ذلك باحتواء سماد البيوغاز على نسبة عالية من النيتروجين بصورة +NH4 نتيجة تمعدن المادة العضوية وانخفاض نسبة C/N خلال عملية الهضم اللاهوائي (Tambone et al., 2009).



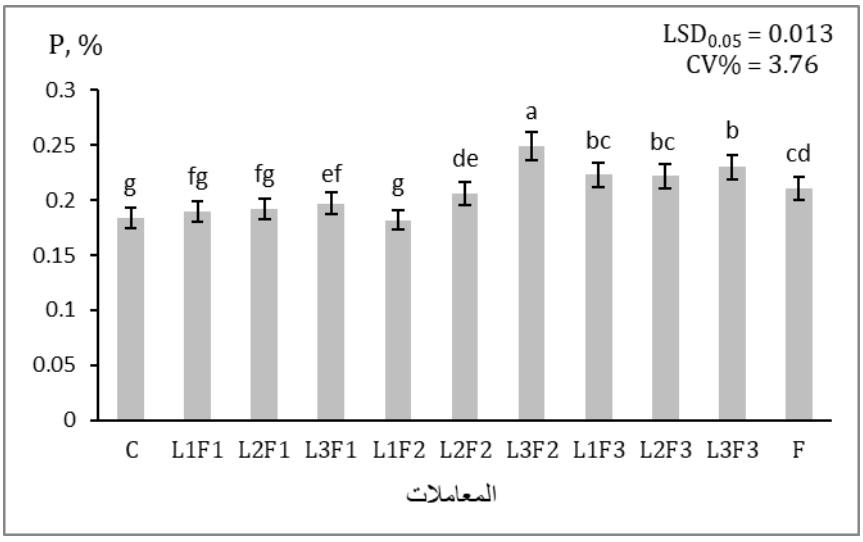
الشكل 2. تأثير معاملات الدراسة على تركيز النيتروجين في المجموع الخضري كنسبة منوية من المادة الجافة

وتشابه ذلك مع نتائج Khan و أخرون (2015) الذي وجد أن تطبيق سماد البيوغاز مع السماد المعدني الأزوتي بنسبة (1:1) يسمح للنبات بالاستفادة من النيتروجين المتاح مباشرة إضافة إلى النيتروجين المتحرر تدريجيا من سماد البيوغاز طوال موسم النمو، وأدى إلى زيادة امتصاص النيتروجين من قبل محصول الذرة الصفراء. وقد أشار Moller وأخرون (2008) أن ميزة إضافة سماد البيوغاز هي في امكانية إعادة تخصيص (Reallocation) وتوزيع العناصر الغذائية خلال الدورة الزراعية للمحصول من الخريف إلى الربيع عندما يزداد طلب المحصول على النيتروجين، وأشار أن استخدام أسمدة البيوغاز كمخصبات عضوية أدت إلى زيادة

امتصاص N وزادت من انتاجية الكتلة الحيوية لمحاصيل الذرة والقمح. و أظهرت تجارب التحضين (Furukawa and Hasegawa, 2006) التي أجريت تحت درجات حرارة مختلفة أن التحرر السريع للنيتروجين من سماد البيوغاز مماثل وأحياناً يكون أكبر مقارنة بالعديد من الأسمدة العضوية التجارية التي تستخدم لإنتاج الخضار في نظم الزراعة العضوية وخاصة في ظروف الحرارة المنخفضة، وهذا يشير إلى الملائمة العالية لسماد البيوغاز لاسيما في انتاج محاصيل الخضار التي تتطلب كمية كبيرة من N خلال فترة نموها القصيرة. وجد أن امتصاص النيتروجين من قبل نبات Ryegrass كان أكبر عند تطبيق سماد البيوغاز مقارنة بروث الابقار(Rubaek et al., 1996). إن ازدياد معدل نمو وحيوية النبات عند الإمداد الجيد بعنصر النيتروجين يؤدي لزيادة امتصاص المغنيزيوم والفوسفور والبوتاسيوم حيث تتطلب النموات الحديثة للمزيد من هذه العناصر من أجل القيام بوظائفها الفيزيولوجية (Marschner, 2011).

2- 2- الفوسفور

إن الإمداد الطبيعي بعنصر P في معظم الأراضي صغير وكفاءة الأسمدة الفوسفاتية لا تتجاوز (15-20%) بسبب تعرض الفوسفور المضاف للتفاعل مع مكونات التربة مشكلاً مركبات صعبة الذوبان تحد من اتاحته للنبات (بوعيسى وعلوش، 2005). مع ذلك أظهرت النتائج تأثيراً هاماً لسماد البيوغاز في زيادة إتاحة الفوسفور وكفاءة امتصاصه من قبل نباتات الذرة الصفراء (شكل 3) وظهر هذا التأثير جلياً عند تطبيق السماد المعدني الفوسفوري TSP بمعدل 50% من التوصية السمادية، حيث لوحظ زيادة تدريجية بمحتوى النبات من الفوسفور بزيادة معدل إضافة سماد البيوغاز بينما كانت أقل قيمة لتركيز الفوسفور 0.184% في معاملة الشاهد.



الشكل 3. تأثير معاملات الدراسة على تركيز الفوسفور في المجموع الخضري كنسبة مئوية من المادة الجافة

بينت نتائج تحليل التباين تفوق المعاملة L3F2 بمعنوية عالية على باقي المعاملات أي أن تطبيق سماد البيوغاز بمعدل (20 ل/ م2) مع السماد المعدني بمعدل 50% من التوصية السمادية حقق أقصى استفادة ممكنة من السماد الفوسفاتي TSP وانعكس ذلك من خلال زيادة تركيز P في المجموع الخضري (0.249%). ولم تؤدي الزيادة بمعدل التسميد المعدني إلى زيادة امتصاص الفوسفور، حيث بلغ تركيز الفوسفور عند المعاملة L3F3 (0.23%) وبكل الأحوال تفوقت هاتان المعاملتان على معاملة المزارع F (0.211%). توافقت هذه النتائج مع (Glowacka et al., 2020) الذي وجد زيادة بتركيز عناصر P و Mg في الكتلة الحيوية للنبات عند الحشة الثانية لمحصول الثمام العصوي (Swithgrass) عند تطبيق سماد البيوغاز بمعدل (60 م3/هـ). أيضا ذكر Seleiman و آخرون (2014) أن سماد البيوغاز الناتج عن هضم مخلفات منزلية يحتوي على مستويات جيدة من الأزوت والفوسفور ووجد أن استخدامه كبديل عن الأسمدة الكيميائية أدى لزيادة كفاءة امتصاص الفوسفور من قبل نباتات الذرة العلفية وأدى لزيادة نسبة البروتين والفوسفور في أنسجة المجموع الخضري للنبات.

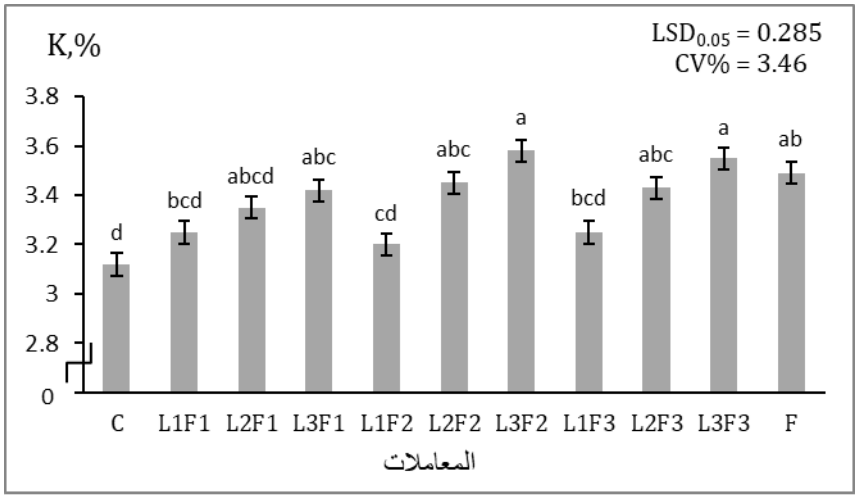
تعزى هذه النتائج إلى الدور الهام الذي يلعبه سماد البيوغاز في زيادة إتاحة الفوسفور للنبات حيث أن سماد البيوغاز بطوره الصلب يحتوي على نسبة جيدة من الفوسفور بشكليه العضوي والمعدني مع سيادة الشكل المعدني Pi في الطور السائل، لذا فإن إضافة سماد البيوغاز يمكن أن تؤدي لزيادة محتوى التربة من P المتاح للنبات مباشرة من خلال تقديمه للفوسفور الذائب أو بطريقة غير مباشرة عبر تحفيز النشاط الميكروبي لمعدنة الفوسفور العضوي (Bachmann et al., 2014). هذا بالإضافة لدور سماد البيوغاز بمحتواه

العضوي والأنزيمي في خفض درجة الـ pH في منطقة الرايزوسفير. بينت نتائج التحضين المخبرية لتربة قاعدية مدة 30 يوم عند حرارة 20◦C ولاحظ زيادة بمحتوى الكربون العضوي وزيادة بمعدل النشاط الميكروبي والأنزيمي (β-glucosidase, phosphatase) وزيادة بالصور المتاحة من الفوسفور في عينات التربة المعاملة بسماد البيوغاز بمعدل 5% وزناً.

تجدر الإشارة إلى أنه في ظل المستويات المنخفضة من الفوسفور في التربة يقوم نبات الذرة بإحداث تغيرات مورفولوجية في بنية المجموع الجذري من خلال زيادة نسبة الجذور الرفيعة والشعيرات الجذرية التي تعتبر أكثر كفاءة في امتصاص الماء والعناصر الغذائية (Marschner, 2011) إضافة للدور الهام للإفرازات الجذرية والتي تعرف باسم الصمغ الجذري Mucilage في زيادة تيسر الفوسفور للنبات.

2- 3- البوتاسيوم K

يعد K أحد العناصر الأساسية لنمو وتطور النبات وهذا ليس بسبب تراكيزه العالية نسبياً والتي قد تصل لحدود 8% في أوراق بعض النباتات المحبة له كالتبغ، بل أيضاً بسبب وظائفه الفيزيولوجية الهامة ضمن النبات.



الشكل 4. تأثير معاملات الدراسة على تركيز البوتاسيوم في المجموع الخضري كنسبة مئوية من المادة الجافة

إن التربة المستخدمة غنية بالبوتاسيوم وكانت قيمة K المتاح كيميائياً (298 ppm) ويتضح من الشكل (4) زيادة بتركيز البوتاسيوم في جميع النباتات مع عدم وجود فروق معنوية واضحة بين معاملات التسميد. حيث تمتص نباتات الذرة الصفراء ذات المجموع الجذري المتطور والكثيف أيون +K بأليتي الامتصاص السلبي والفعال ويزداد امتصاصه بزيادة تركيزه في وسط النمو مما يؤدي إلى زيادة تركيزه في الأنسجة النباتية بما يزيد عن احتياجات النبات ويسمى هذا الامتصاص الزائد Luxury Consumption (بوعيسى وعلوش، 2005). عموماً كانت أقل قيمة لتركيز البوتاسيوم في معاملة الشاهد C (3.12%) بينما كانت أقصى قيمة له في معاملة L3F2 (3.58%) يليها المعاملة L3F3 (3.55%) وأظهرت نتائج تحليل التباين تفوق هاتين المعاملتين على المعاملة C وتوافقت مع معاملة المزارع F (3.49%) مما يوحي بزيادة إتاحة البوتاسيوم عند تطبيق سماد البيوغاز سيما وأن الكمية المضافة منه بصورة K2O في معاملة المزارع F (100% توصية سمادية) لا تتعدى (20 كغ/هـ) وتوافقت هذه النتائج مع نتائج (Barbosa et al., 2014; Kozel and Lorencowicz, 2015). كما لاحظ أيضاً Glowacka و آخرون (2020) أن تطبيق سماد البيوغاز أدى لزيادة بمحتوى K عند الحشة الأولى للمحصول الثمام العلفي Switchgrass. لذا يمكن اعتبار سماد البيوغاز مصدراً جيداً لتغذية النبات بعنصر K حيث أن البوتاسيوم الموجود في سماد البيوغاز يكون بصورة ذائبة ومتاح مباشرة للاستخدام من قبل النبات (Moller and Muller, 2012).

بناءً على ما تقدم يمكن القول أن النمو الخضري الجيد المرتبط بإضافة سماد البيوغاز الغني بالنيتروجين قد حفز نمو وتطور المجموع الجذري وزيادة قدرته على امتصاص العناصر الغذائية الكبرى من التربة فضلاً عن أن كميات كبيرة من هذه العناصر المتاحة مباشرة للامتصاص من قبل النبات تقدم للتربة مع سماد البيوغاز المضاف. بالإضافة للتأثيرات المفيدة لسماد البيوغاز في دعم المادة العضوية وزيادة النشاط الميكروبي في التربة وكذلك التأثير على الخواص الفيزيائية والكيميائية وخاصة درجة الـ pH التي تلعب دوراً هاماً في تيسر العناصر الغذائية وزيادة امتصاصها من قبل النبات (Piatek and Bartkowiak, 2019). ولابد من التنويه بأن فعالية استخدام سماد البيوغاز كسماد عضوي مكمل للأسمدة المعدنية تعتمد على تركيبه (طبيعة المواد العضوية المتخمرة) وعلى سير وظروف

عملية الهضم وعلى النوع النباتي وعلى طريقة ومعدل إضافته للتربة. ويشار إلى أن الهضم المشترك لمخلفات عضوية مختلفة (نباتية وحيوانية) يؤدي للحصول على سماد بيوغاز أكثر جودة (Moller and Stinner, 2010).

الاستنتاجات والتوصيات

- أدت إضافة سماد البيوغاز مع الأسمدة المعدنية إلى تحسين الخواص الخصوبية للتربة الأمر الذي انعكس ايجابياً على الامتصاص الأفضل للعناصر الغذائية وعلى الكتلة الحيوية للنبات.
- أدت معاملات التسميد المشترك لسماد البيوغاز بمعدل (20 ليتر / م^2) مع المستوى الثاني والثالث من الأسمدة المعدنية إلى زيادة معنوية بمحتوى النبات من العناصر الغذائية الكبرى وخاصة عنصري النيتروجين والفوسفور مقارنة بمعاملة التسميد المعدني (التوصية السمادية).
- إن الاستخدام المتكامل للأسمدة المعدنية وأسمدة البيوغاز يحافظ على خصوبة التربة وإنتاجيتها المستدامة وفي الوقت نفسه يؤدي إلى تلبية حاجة المحصول.
- استخدام سماد البيوغاز الناتج عن الهضم المشترك لماء الجفت مع روث الأبقار ضمن المستويات المدروسة كسماد عضوي مكمل للأسمدة المعدنية واعتماد المعاملة (20 ليتر/ م2 سماد بيوغاز + 50% توصية سمادية) في تلبية حاجة محصول الذرة الصفراء من العناصر الغذائية وزيادة الكتلة الحيوية للنبات وفي نفس الوقت توفير ثمن الأسمدة المعدنية بنسبة 50%.

المراجع

- الزعبي، محمد منهل، الحصني، أنس المصطفى ودرغام، حسان. 2013. طرائق تحليل التربة والنبات والمياه والأسمدة. وزارة الزراعة والاصلاح الزراعي، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية. 223ص.
- بو عيسى، عبد العزيز؛ علوش، غياث. 2005. خصوبة التربة وتغذية النبات. مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية، جامعة تشرين، اللاذقية، 423 ص.
- دليل زراعة محصول الذرة الصفراء. 2008. وزارة الزراعة والاصلاح الزراعي، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، إدارة بحوث المحاصيل، قسم بحوث الذرة. 48 ص.
- Bachmann, S., Gropp, M., Eichler-Loberman, B. 2014. Phosphorus availability and soil microbial activity in a 3 year field experiment amended with digested dairy slurry. Biomass Bioenergy, 70, 429–439.
- Barbosa, D. P., Nabel, M. and Jablonowski, N. D. 2014. Biogas-digestate as nutrient source for biomass production of Sida hermaphrodita, Zea mays L. and Medicago sativa L. Energy Procedia (59): 120 – 126.
- Elsahookie, M. M. 1990. Maize Production and Breeding. Mosul. Press, Iraq, pp. 398.
- FAO, (2007). Methods of analysis for soils of arid and semiarid regions. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
- Furukawa, Y. and Hasegawa, H. 2006. Response of spinach and komatsuna to biogas effluent made from source-separated kitchen garbage. J. Environ. Qual. 35, 1939 –1947.
- Galvez, A., Sinicco, T., Cayuela, M. L., Mingorance, M. D., Fornasier, F. and Mondini, C. 2012. Short term effects of bioenergy by-products on soil C and N dynamics, nutrient availability and biochemical properties. Agric. Ecosys. Environ., 160, 3–14.
- Glowacka, A., Szostak, B. and Klebaniuk, R. 2020. Effect of Biogas Digestate and Mineral Fertilization on the Soil Properties and Yield and Nutritional Value of Switchgrass Forage. Agronomy, 10, 490.

- Jones, J. B. 2001. Laboratory guide for conducting soils tests and plant analysis. CRC Press, Boca Raton Florida, USA.
- Khan, S. A., Malav, L. C., Kumar, S., Malav M. K. and Gupta, N. 2015. Resource utilization of biogas slurry for better yield and nutritional quality of baby corn. Advances Environ. Agric. Sci., 382-394.
- Kole S. G. 2010.Response baby corn (Zea mays) to plant density and fertilizer levels. Master of Sci. Agri. , Dep. Col. Uni. Dharwad.
- Kourimska, L., Poustkova, I. and Babicka, L. 2012. The use of digestate as a replacement of mineral fertilizers for vegetables growing. Scientia agriculturae bohemica, 43 (4): 121–126.
- Kozel, M. and Lorencowicz, E. 2015. Agricultural use of biogas digestate as a replacement fertilizers. Agri. and Agricultural Science Procedia 7: 119 – 124.
- Liu, F., Li, Z., Li, Q. and Wang, Z. 2009. Effects of combined application of biogas digestate and chemical fertilizer on the yield and quality of sweet maize. Chinese Journal of Soil Science, 3: 24–26.
- Makadi, M., Tomocsik, A. and Orosz, V. 2012. Digestate: A New Nutrient Source – Review. Biogas, Dr. Sunil Kumar (Ed.), ISBN: 978-953-51-0204-5, In Tech, Available from: www.intechopen.com.
- Marschner, P. 2011. Mineral Nutrition of Higher Plants, 3rd ed.; Academic Press: London, UK, pp. 135–178.
- Moller, K. and Muller, T. 2012. Effects of anaerobic digestion on digestate nutrient availability and crop growth: A review. Eng. Life Sci. 12, No. 3, 242–257.
- Moller, K. and Stinner, W. 2009. Effects of different manuring systems with and without biogas digestion on soil mineral nitrogen content and on gaseous nitrogen losses (ammonia, nitrous oxides). Eur. J. Agron, 30, 1–16.
- Moller, K., Stinner, W. 2010. Effects of organic wastes digestion for biogas production on mineral nutrient availability of biogas effluents. Nutr. Cycl. Agroecosys, 87, 395–413.
- Moller, K., Stinner, W., Deuker, A. and Leithold, G. 2008. Effects of different manuring systems with and without biogas digestion on nitrogen cycle and crop yield in mixed organic dairy farming systems. Nutr. Cycl. Agroecosys., 82, 209– 232.
- Piatek, M. and Bartkowiak, A. 2019. Assessment of selected physicochemical properties of soil fertilised with digestate. Water-Environ.-Rural Areas, 19, 55–66.
- Rahman, S. M. E., Islam, M. A. and Rahman, Oh. DH. 2008. Effect of cattle slurry on growth, biomass yield and chemical composition of maize fodder. Asian-Aust. J. Anim. Sci., 21: 1592-1598.
- Remesh, P. 2008. Organic farming research in M. P. Organic farming in rain fed agriculture: Central Institute from dry land agriculture, Hyderabad, pp, 13 – 17.
- Rubaek, G.H., Henriksen, K., Petersen, J., Rasmuseen, B., and Sommer, S. G. 1996. Effects of application technique and anaerobic digestion on gaseous nitrogen loss from animal slurry applied to ryegrass (Lolium perenne). J.Agric . Sci., 126:481 -492.

- Seleiman, M. F., Selim, S., Jaakkola, S. and Makela, P. S. A. 2017. Chemical composition and in vitro digestibility of whole-crop maize fertilised with synthetic fertiliser or digestate and harvested at two maturity stages in Boreal growing conditions. Agric. Food Sci., 26, 47–55.
- Tambone, F., Genevini, P., D_Imporzano, G. and Adani, F. 2009. Assessing amendment properties of digestate by studying the organic matter composition and the degree of biological stability during the anaerobic digestion of the organic fraction of MSW. Bioresource Technology, Vol. 100, No. 12, pp. 3140–3142.

N° Ref: 1068